

원료 등급에 따른 명란의 위생학적 특성

정효빈 · 차장우 · 박선영¹ · 윤인성¹ · 이정석² · 허민수^{2,3} · 김진수^{1,2*}

덕화푸드 기업부설연구소, ¹경상대학교 해양식품생명과학과/해양산업연구소, ²경상대학교 수산식품산업화 기술지원센터, ³경상대학교 식품영양학과

Sanitary Characterization of Alaska Pollock *Theragra chalcogramma* Roe by Raw Material Grade

Hyo-Pin Jeong, JangWoo Cha, Sun Young Park¹, In Seong Yoon¹, Jung Suck Lee², Min Soo Heu^{2,3} and Jin-Soo Kim^{1,2*}

Research and Development Institute, Deok-Hwa Food, Busan 49277, Korea

¹Department of Seafood and Aquaculture Science/Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

²Research Center for Industrial Development of Seafood, Gyeongsang National University, Tongyeong 53064, Korea

³Department of Food and Nutrition, Gyeongsang National University, Jinju 52828, Korea

We investigated the sanitary characteristics of Alaska pollock *Theragra chalcogramma* roe as a raw material based on the standards of several countries. The standards for raw materials of Alaska pollock roe for lead, total mercury, ¹³⁴Cs+¹³⁷Cs, and ¹³¹I were those of the South Korean Ministry of Food and Drug Safety; *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Clostridium botulinum*, methyl mercury, ¹³⁴Cs+¹³⁷Cs, ¹³¹I, ²³⁹Pu, and ⁹⁰Sr were those of the United States Food and Drug Administration; lead, methyl mercury, inorganic arsenic, chrome, ¹³⁴Cs+¹³⁷Cs, and ¹³¹I were those of the Ministry of Agriculture of China; nitrite ion, ¹³⁴Cs+¹³⁷Cs, ²³⁹Pu, and ²³⁵U were those of the Ministry of Health, Labor and Welfare of Japan; ¹³⁴Cs+¹³⁷Cs, ¹³¹I, ²³⁹Pu, and ⁹⁰Sr were those of Codex; and ¹³⁴Cs+¹³⁷Cs, ¹³¹I, ²³⁹Pu, ²⁴¹Am, and ⁹⁰Sr were those of the European Food Safety Authority. The results for the global standard items other than *C. botulinum* (lead, total mercury, methyl mercury, inorganic arsenic, chrome, ¹³⁴Cs+¹³⁷Cs, and ¹³¹I, *S. aureus*, and *Salmonella* spp.) suggest that Alaska pollock roe is safe for use as a raw material.

Key words: Alaska pollock, *Theragra chalcogramma*, Roe, Alaska pollock roe

서론

명태는 예로부터 우리나라에서 생태, 동태 등이나, 반건조한 코다리, 어린 것을 건조하여 만든 노가리, 그대로 말린 북어, 동건법으로 말린 황태 및 이의 채 등으로 가공하여 즐겨먹는 것은 물론이고, 이의 생식소인 명란과 내장인 창란을 이용하여 젓갈의 형태로도 가공하여 즐겨먹고 있다(Kim and Kim, 1990). 이와 같은 여러 가지 수산가공품의 소재로 이용되고 있는 명태는 서식 수온이 2-10°C 범위이어서 이 수온을 유지하는 한국 동해, 오후츠크해 북부, 베링해, 알라스카에 걸친 북태평양의 전 해안역에서 광범위하게 서식하고 있었으나, 최근 기후 이상 변화로

우리나라에서는 전혀 어획되지 않고 있다(Chen et al., 2015). 이로 인하여 우리나라에서는 주요 수산식품 소재인 명태는 물론이고, 명란, 창란 등과 같은 명태 관련 수산가공소재 모두를 미국, 러시아 및 일본 등으로부터 수입하고 있다. 이 중 명란은 고단백 식품이면서, eicosapentaenoic acid (20:5n-3, EPA)와 docosahexaenoic acid (22:6n-3, DHA)와 같은 오메가-3 (omega-3) 지방산과 비타민이 풍부하며, 특유의 조직감을 가지고 있어(Hintermeister et al., 2017) 우리나라와 일본에서는 명란젓갈, 명란김, 명란마요네즈 등과 같은 다양한 수산가공품의 소재로 이용되고 있다(Park et al., 2019).

한편, 명태는 산란된 후 3-4년을 경과하여 어미 명태가 되어

*Corresponding author: Tel: +82. 55. 772. 9146 Fax: +82. 55. 772. 9149

E-mail address: jinsukim@gnu.ac.kr



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

<https://doi.org/10.5657/KFAS.2019.0334>

Korean J Fish Aquat Sci 52(4), 334-343, August 2019

Received 8 March 2019; Revised 15 April 2019; Accepted 3 June 2019

저자 직위: 정효빈(연구원), 차장우(연구원), 박선영(대학원생), 윤인성(대학원생), 이정석(연구교수), 허민수(교수), 김진수(교수)

야 산란을 할 수 있다(Kim and Kim, 1990). 명란의 어획 시기는 산란 전 시기인 1월말부터 익년 4월초까지의 시즌 A와 산란 후 시기인 6월초부터 10월초까지의 시즌 B로 나누어지고 있다(Hintermeister et al., 2017). 따라서, 명란은 시즌 A에 어획한 명란으로부터 생산되고 있고, 이들은 다시 채취 시기, 즉 산란기를 중심으로 미숙란, 완숙란, 과숙란으로 구분할 수 있고, 절단 정도에 따라 KA 등급, KB 등급, KC 등급으로 구분할 수 있으며, 완숙란은 다시 무게를 중심으로 L 등급, M 등급, S 등급 및 2S 등급 등으로 분류가 가능하다(Tsuyuki and Fuke, 1978; Hazime and Mizuo, 2008; Balaban et al., 2012a; Chen et al., 2016; Park et al, 2019). 이와 같이 명란은 미국과 러시아를 중심으로 채취시기, 절단정도, 난의 무게 등에 따라 여러 가지 등급으로 구분되어 주로 일본과 한국에 수출되고 있고, 이를 여러 가지 제품으로 가공하여 세계 각국으로 유통되고 있다(Chen et al., 2016; Alaska Pollock Marketing Institute, 2017). 이로 인하여 국내의 기관에서는 명란에 대한 다양한 화학적, 미생물학적 기준 규격을 설정하고 있다.

한편, 명란에 관한 연구는 Chiou et al. (1989)의 맛성분에 관한 연구, Manabe et al. (1998)와 Fujioka et al. (1999)의 환경조건에 따른 막성분의 변화, Hintermeister et al. (2017)의 영양 성분 조사, Ueda et al. (2009)의 소비자 기호도 조사, Balaswamy et al. (2010)의 다양한 농도의 식염용액 침지에 따른 조직감 특성 조사, Balaban et al. (2012a; 2012b)의 중량 및 색의 자동 측정 조사, Alaska Pollock Marketing Institute (2017)의 연도별 생산량, 수출량 및 수입량 동향, Bechtel et al. (2007)과 Rao (2014)의 미숙 명란의 고도 이용 방안 검토 등이 있다. 하지만, 명란은 대부분이 미국과 러시아에서 수입되고, 채취조건이 다양하여 위생 관리를 위하여 명란에 대한 국내외 기준 규격 조사 및 이의 원료 등급별 위생 조사에 대한 연구는 찾아볼 수가 없다.

본 연구는 명란의 위생성 확보를 위한 기초자료를 얻고자 명란에 대한 국내외 기준 규격을 조사하였고, 아울러 이들 항목에 대하여 원료 등급을 달리한 명란에 적용하여 이들의 위생 특성을 살펴보았다.

재료 및 방법

재료

검체 명란은 부산광역시 소재 D사로부터 2015-2017년에 채취한 러시아산을 구입하여 사용하였다. 이 때 명란의 등급은 수입 시 박스에 표기된 그대로 나타내었고, 8종의 등급을 사용하였다. 즉 이들의 원료 등급은 정상란 4종[L 등급(외란의 무게로서 65-90 g), M 등급(외란의 무게로서 40-65 g), S 등급(외란의 무게로서 25-40 g), 2S 등급(외란의 무게로서 15-25 g)], 절단란 3종[KA 등급(절단된 정도가 10% 내외로 적은 것), KB 등급(절단된 정도가 20% 내외로 보통인 것), KC 등급(절단된 정도가

30% 내외로 많은 것)], 미숙란 1종(G 등급)이었다.

여기서 실험에 사용한 명란은 자연해동(20°C 내외에서 12시간)하여 사용하였고, 각각의 시료는 박스에 표기된 원료 등급의 것 중 여기에 상응하는 것을 분리한 다음 실험에 사용하였다.

명란젓갈의 제조

일반적인 명란젓갈은 냉동명란을 해동하고, 수세, 조미한 다음, 맛부여를 위하여 저온에서 단기간 숙성시키고, 정균처리 후 재조미, 칭량 및 고춧가루를 토핑하여 제조되었다. 이어서 명란젓갈은 내포장, 금속검출하여 시료로 사용하였고, 이후에 상품화는 외포장하여 출고한다. 이와 같은 명란젓갈의 제조공정을 정리하면 Fig. 1과 같다.

위생학적 기준 규격

본 연구에서 명란에 대한 국내외 기준 규격은 식품의약품안전처 식품공전(MFDS, 2018), 미국 FDA (U.S. Food Drug Administration, 2019), 중국 농업부(China National Health and Family Planning Commission, 2019), 일본 후생성(Japan Ministry of Health, Labour and Welfare, 2019), Codex (CODEX Alimentarius International Food Standards, 2019), EU 유럽식품안전위원회(European Food Safety Authority, 2019)의 내용을 제시하였다.

중금속

본 연구에서 중금속은 수은(총수은과 메틸수은), 납, 크롬, 무기비소에 대하여 측정하였다. 수은은 총수은과 메틸수은으로 나누어 분석하였다. 총수은은 식품공전(MFDS, 2018)에 제시되어 있는 금아말감법에 따라 균질화 명란 약 0.1 g을 취하여 수은분석기(DMA-80, Milestone, Milano, Italy)로 분석하였다. 총수은 분석은 수은분석기에 검체를 주입하고, 건조(650°C에서 90초), 분해(650°C에서 180초) 및 아말감화(amalgamation)(850°C에서 12초)하여 실시하였다. 총수은 분석에 대한 모든 결과는 easy-DOC3 프로그램(Easy-DOC3 for DMA, Ver. 3.30, Milestone, USA)을 이용하여 산출하였다. 총수은 분석의 정확성 및 재현성 확인은 표준인증물질(Certified reference material)인 DORM-4 (Fish protein; NRC-CNRC, Ottawa, Ontario, Canada) 및 1566b (Oyster; NIST, Gaithersburg, MD, USA)을 사용하여 실시하였다. 이 때 수은분석기의 분석 조건은 온도를 1,000°C, detection을 dual-beam A.A. spectrophotometer, 파장을 253.7 nm, 주입량을 10-50 mg, absorption cell을 dual cell/thermostat로, carrier gas를 산소로 하였다.

메틸수은은 식품공전(MFDS, 2018)에서 언급한 방법에 따라 시험 용액을 제조한 다음 HR-Thermon-HG (0.53 mm × 15 m, Shinwa Chemical Industries, LTD., Kyoto, Japan) 칼럼이 장착된 GC-ECD system (Gas chromatography-Electron capture detector system; Agilent 7890A, Wilmington USA)으로 분석하였다. 이 때 메틸수은의 분석은 injection과 detection

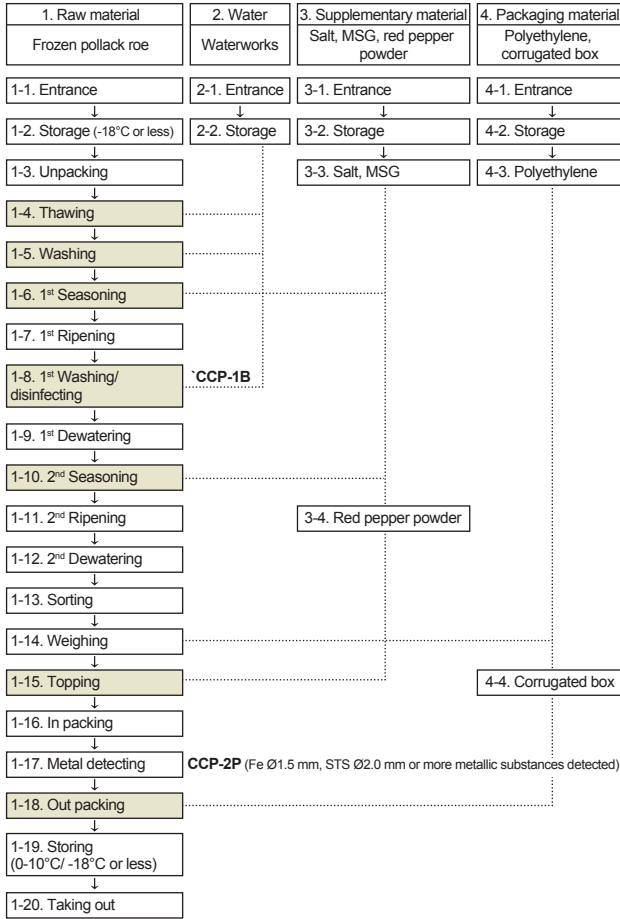


Fig. 1. Flow chart for processing of seasoned Alaska pollock *Theragra chalcogramma* roe.

temperature를 각각 150-160°C 및 150-170°C로, column oven temperature를 80°C에서 3분간 유지한 후 20°C/min의 속도로 130°C까지 상승시켜 유지하였고, carrier gas를 질소로 하였으며, 주입량을 1 µL로 하였다.

납 및 크롬의 분석은 Kim (2014)이 언급한 방법에 따라 시험용액을 제조한 다음 ICP-MS (ELAN DRC II, PerkinElmer, Santa Clara, USA)로 하였다. 이 때 납 및 크롬의 분석을 위한 RF power는 1,400 watts, 렌즈 전압은 8.0 V, 분무기, 플라즈마 및 보조기관의 가스 분무 속도는 각각 0.97 L/min, 15 L/min 및 1.275 L/min, dwell time은 50 ms, scanning mode는 peek hop, 반복횟수는 3회, detector는 dual로 하였다.

무기비소는 식품공전(MFDS, 2018)에서 언급한 방법에 따라 시험용액을 제조하고, 분석에 사용하였다. 무기비소 분석용 시험용액 제조를 위하여 명란 분란 1g을 정밀히 달아 용기에 넣고 1% HNO₃ 용액 5 mL를 가하여 90°C에서 90분간 열탕 추출하였다. 이 때 초기 30분 동안 시료와 1% HNO₃ 용액이 충분히 섞이도록 5-10분 간격으로 격렬히 흔들었다. 추출 후 여기에 물을

넣어 25 mL가 되게 한 후 잘 혼합하고 10분간 원심분리(3,000 g)하였다. 이후 상층액을 적당히 취하여 다시 10분간 원심분리 (3,000 g)하고 그 상층액을 0.45 µm membrane filter (Whatman International, Maidstone, Kent, UK)로 여과하여 시험용액으로 사용하였다. 무기비소 화학종 분석은 시험용액을 이용하여 HPLC (high performance liquid chromatography)가 결합된 ICP-MS (Nexion 300D; Perkin-Elmer SCIEX, USA)로 수행하였다. 이 때 이동상은 0.05% (v/v) 메탄올(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA), 10 mM sodium 1-butane sulfonate (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA), 4 mM malonic acid (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA), 4 mM tetramethyl ammonium hydroxide (TMAH) (Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 혼합하여 10% HNO₃ 용액(1.8 mL/L)으로 pH 2.7에 맞추어 조절한 것을 사용하였으며, 분석용 컬럼은 C₁₈ MG (4.6 mm × 250 mm, 5 µm, Shiseido, Tokyo, Japan)를 이용하였으며, 컬럼 온도는 25°C, 주입량은 10-50 µL를 사용하였다.

아질산이온

아질산이온은 식품공전(MFDS, 2018)에서 언급한 디아조화법으로 분석하였다. 아질산 이온의 분석을 위한 시험용액의 제조를 위하여 메스플라스크(200 mL)에 명란 분란 10 g과 적당량의 증류수를 넣은 후 다시 0.5 N NaOH 10 mL와 12% ZnSO₄ 10 mL를 넣고 80°C 항온수조(WB-20E, JEIO TECH, Daejeon, Korea)에서 20분간 가열하여 식힌 다음 ammonium acetate buffer (pH 9.1) 20 mL를 첨가하고 증류수로 200 mL로 정용한 후 10분간 실온에서 방치하였다. 이어서 방치 용액을 삼각플라스크, 깔대기와 여과지(Whatman International, Maidstone, Kent, UK, 5A, 110 mm ϕ)로 여과하여 시험용액으로 하였고, 별도로 증류수 10 mL를 공시험 용액으로 사용하였다.

아질산이온 측정을 위한 시험용액(Aa) 및 공시험 용액(Ab)은 위에서 제조한 이들 용액 각각 20 mL에 sulfanilamide 용액 1 mL, naphthylethylenediamine 용액 1 mL를 정용 플라스크(25 mL)에 가하고 증류수로 정용한 다음 잘 혼합한 후에 방치(20 분)하여 발색시켜 각각 사용하였다. 여기서, 대조액(Ac)은 증류수 20 mL로 위와 같이 동일하게 조작하였다. 이어서 위에서 제조한 용액들의 흡광도(540 nm)를 각각 측정하였고, 이로부터 흡광도 차 [Aa-(Ab+Ac)]를 구한 다음 미리 작성한 검량선에서 시험용액 20 mL 중의 아질산 이온량(A µg)을 산출하였다. 최종적으로 시료 kg 당 아질산 이온 함량(g)은 검량선으로부터 산출한 아질산 이온 함량(A µg)을 이용하여 다음에 제시한 산출식으로부터 계산하였다.

아질산이온(NO₂⁻) (g/kg)=

$$\frac{\text{아질산이온 함량(A) / 시험용액 20 mL}}{\text{시료의 무게(g)}} \times \frac{1}{100}$$

방사능

방사능 분석은 식품공전(MFDS, 2018)의 고순도게르마늄 감마핵종분석기에 의한 시험법에서 언급한 방법에 따라 실험하였다. 명란을 분쇄기(HMF-3600TG, Hanil, Korea)로 갈아 균질화하여 marinelli 비이커에 넣고 약 1 kg을 칭량하고, 밀봉하여 고순도 게르마늄 감마핵종분석기(OCTEC GEM-60195-P, Ortec, Tennessee, USA)로 측정하였다. 측정에너지 범위는 0-2 MeV로 조정된 후 차폐용기 내의 검출기에 검체를 올려놓고 최소 측정시간은 10,000초, 그리고 시험 대상 핵종은 요오드(^{131}I)와 세슘($^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$)으로 하였다.

미생물학적 분석

미생물학적 특성은 위생지표세균(일반세균수, 대장균군, 대장균)과 식중독 세균(*Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Listeria monocytogenes*, Enterohemorrhagic *Escherichia coli*)로 살펴보고, 이들은 식품공전(MFDS, 2018)의 미생물 시험법에 언급되어 있는 방법으로 측정하였다. 한편, *L. monocytogenes*는 명란의 냉동식품에 대한 기준 규격에 포함되어 있지 않았으나, 명란젓갈의 경우 열을 가하지 않고 섭취하는 식품이어서 저온성 세균에 대한 안전성의 확보를 위해 검토하였고, *Clostridium botulinum*은 미국 FDA 기준 규격(U.S. Food Drug Administration, 2019)에 제시되어 있으나, 본 연구에서는 이 균이 증온성이고, 혐기성이어서 존재할 가능성이 없으리라 추정하여 분석하지 않았다. 이들 미생물의 특성 검토는 *Salmonella* spp. 및 EHEC는 정성시험으로 집락을 확인한 다음, 집락이 형성된 경우 정량분석으로 검토하였다.

일반세균, 대장균군 및 대장균수의 측정은 5반복법으로 측정하였다. 즉, 일반세균, 대장균군 및 대장균수를 위한 전처리 시료는 마쇄 시료를 일정량씩 취하여 멸균백(Whirl Pack Co., USA)에 넣고 이의 9배(v/v)가 되는 멸균 식염수(0.85%)를 가하여 stomacher (Bag Mixer 400, Interscience, France)로 진탕(1분 30초)한 다음 단계적으로 희석하여 제조하였다.

일반세균수는 전처리 시료를 표준한청평판배지(plate count agar, PCA, Difco Laboratories, USA)에 접종하고 배양(35°C, 48시간)한 후 집락수를 계측한 다음 log number of colony forming unit (log CFU/g)으로 나타내었다.

대장균군 및 대장균수는 건조필름법으로 측정하였다. 일반세균수 측정을 위한 전처리 시료를 3M사(3M, Maplewood, USA)의 건조필름 EC (Petrifilm™, *E. coli*/coliform count plate)에 접종하고, 배양(35°C, 48시간)한 후, 대장균의 경우 가스 방울이 붙어 있는 청색 콜로니(blue colony)를, 대장균군의 경우 가스 방울이 붙어 있는 적색 콜로니(red colony)를 계측하여 각각 log CFU/g으로 나타내었다.

Salmonella spp.의 배양 및 증균 배양은 다음과 같이 실시

하였다. 즉, 검체(25 g)에 펄톤식염완충액 225 mL를 가하여 stomacher (Bag Mixer 400, Interscience, France)로 균질화(2분)한 후 배양(36±1°C, 18-4시간)하였고, 이어서 배양액은 0.1 mL를 10 mL Rappaport-Vassiliadis broth (Merck, Germany)에 접종하여 증균배양(42±0.5°C, 24시간)하였다. 이어서, *Salmonella* spp.의 확인은 증균배양액을 다시 XLD (xylose lysine deoxycholate) 한천배지(Merck, Germany)와 BG (brilliant green) Sulfa 한천배지(Merck, Germany)에 희석 도말하고 배양(36±1°C, 24시간)하여 의심되는 집락을 TSA (trypticase soy agar; Merck, Germany)에 옮겨 배양한 다음 Spicer-Edwards 등과 같은 H 혼합혈청과 O 혼합혈청을 사용하여 응집반응으로 실시하였다.

*S. aureus*의 측정을 위하여 일반세균수 측정용 전처리 시료 1 mL를 멸균 생리식염수 9 mL에 가하여 단계별로 희석한 후, Baird-Parker 한천배지(Baird-Parker Agar; Becton Dickinson GmBH, Heidelberg, Germany)의 각 3장에 0.3 mL, 0.3 mL, 0.4 mL씩 총 접종액이 1 mL가 되게 도말하여 배양(36±1°C, 24시간)하였다. *S. aureus*의 산출은 성장한 집락 주변에 투명한 띠가 있으면서, 광택이 있는 검은색 둥근 집락 중 5개 이상의 전형적인 집락을 선별하여 보통한천배지에 배양(36±1°C, 24시간)한 후 그람 양성 구균, coagulase 응집 유무 등을 확인하여 계수한 다음, 평균 집락수에 희석배수를 곱하여 계측하였다.

*V. parahaemolyticus*의 확인을 위하여 검체(25 g)에 225 mL의 alkaline 펄톤수를 가하여 stomacher (Bag Mixer 400, Interscience, France)로 균질화(2분)한 후, 증균배양(36±1°C, 24시간)하였고, 이의 증균 배양액을 백금을 취하여 TCBS (thiosulfate citrate bile salts sucrose agar) 한천배지(Merck, Germany)에 희석 도말한 후 분리배양(36±1°C, 24시간)하였다. *V. parahaemolyticus*의 확인은 배양결과 직경 2-4 mm인 청록색의 서당 비분해 집락을 TSI (triple sugar iron) 사면배지에 희석 도말하고 배양(36±1°C, 24시간)한 후 의심되는 균은 0, 3, 8, 10% NaCl을 가한 alkaline 펄톤수에 의한 내염성 시험을 통해 실험을 실시하였다.

*L. monocytogenes*의 확인은 검체(25 g)에 Listeria enrichment broth 225 mL를 가하여 stomacher (Bag Mixer 400, Interscience, France)로 균질화(2분)한 후, 증균배양(30°C, 48시간)하였다. 이어서 *L. monocytogenes*의 확인은 증균 배양액을 PALCAM 한천배지에 희석 도말하였고, 배양(30°C, 48시간)하여, 전형적인 집락을 0.6% yeast extract가 포함된 TSA (tryptic soy agar)에 분리배양(30°C, 48시간)하여, 그람염색 후 그람양성으로 확인되면 생화학적 시험을 실시하였다.

Enterohemorrhagic *E. coli* (EHEC)의 확인은 검체 25 g을 취하여 225 mL mTSB배지에 첨가하여 36±1°C에서 24시간 증균배양한 후 배양액을 대상으로 template DNA를 추출하고, 이를 PCR kit인 AccuPower EHEC Taq PCR kit (Bioneer, Daejeon, Korea)에 분주하여 GeneAmp PCR system 9,700

(Applied Biosystems, Boston, USA)으로 증폭하여 제조하였다. EHEC의 확인은 증폭 최종 산물의 반응액 5 µL를 2% agarose gel (Gibco, Gaithersburg, USA)에 주입하여 전기영동 (MINIS-150VS, Major Science, USA)을 실시하였고, 이어서 이를 Safe View (Applied Biological Materials Inc., Richmond, Canada)로 염색한 다음 염색된 DNA band는 UV (ImageQuant 300, GE Healthcare Bio-Sciences, USA)를 이용하여 verotoxin 유전자의 유무를 확인하였다.

결과 및 고찰

위생학적 국내·외 기준 규격

명란에 대한 국내외의 기준 규격을 식품공전(MFDS, 2018), 미국 FDA (U.S. Food Drug Administration, 2019), 중국 농업부 (China National Health and Family Planning Commission, 2019), 일본 후생성(Japan Ministry of Health, Labour and Welfare, 2019), Codex (CODEX Alimentarius International Food Standards, 2019), EU 유럽식품안전위원회(European Food Safety Authority, 2019)에서 제시한 내용을 토대로 정리

한 결과는 Table 1과 같다. 명란에 대한 국내 기준 규격은 미생물학적 기준이 2건(일반세균수, 대장균), 화학적 기준이 4건(납, 총수은, $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$, ^{131}I)이 제시되어 있다. 명란에 대한 국내 기준 규격 중 미생물 기준 규격은 일반세균의 경우 $n=5, c=2, m=10^6, M=5 \times 10^6$ (CFU/g), 대장균의 경우 $n=5, c=2, m=0, M=10$ (CFU/g)으로 제시되어 있고, 화학적 기준 규격은 중금속의 경우 납이 0.5 mg/kg, 총수은이 0.5 mg/kg, 방사능의 경우 $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ 이 370 Bq/kg, ^{131}I 이 300 Bq/kg으로 제시되어 있다.

명란에 대한 미국 FDA 기준 규격은 미생물학적 기준이 3건(*S. aureus*, *Salmonella* spp., *Cl. botulinum*), 화학적 기준이 5건(메틸수은, $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$, ^{131}I , ^{239}Pu , ^{90}Sr)이 제시되어 있다. 명란에 대한 미국의 기준 규격 중 미생물학적 기준 규격은 *S. aureus*의 경우 10^4 MPN/g, *Salmonella* spp.의 경우 음성, *Cl. botulinum*의 경우 포자생성 및 독소가 없어야 한다고 제시되어 있고, 화학적 기준 규격은 메틸수은의 경우 1.0 mg/kg, 방사능의 경우 $^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ 이 1,200 Bq/kg, ^{131}I 이 170 Bq/kg, ^{239}Pu 가 2 Bq/kg, ^{90}Sr 이 160 Bq/kg으로 제시되어 있다.

명란에 대한 중국의 기준 규격은 미생물학적 기준이 제시되어 있지 않고, 화학적 기준이 6건(납, 메틸수은, 무기비소, 크

Table 1. Domestic and international microbiological and chemical standards of fish roe

Standard items	Domestic		International					
	MFDS	U.S.A.	China	Japan	CODEX	EU		
Biological (CFU/g)	Viable cell count	$n=5, c=2, m=10^6, M=5 \times 10^6$	-	-	3×10^6	-	-	
	<i>Escherichia coli</i>	$n=5, c=2, m=0, M=10$	-	-	Negative	-	-	
	<i>Staphylococcus aureus</i> (MPN/g)	-	10^4 , For enterotoxin, negative	-	-	-	-	
	<i>Salmonella</i> spp.	-	Negative	-	-	-	-	
	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	-	-	-	100 (MPN/g)	-	-	
	<i>Clostridium botulinum</i>	-	Spore formation, No toxins	-	-	-	-	
Chemical	Nitrite (NO_2^-) (g/kg)	-	-	-	0.005	-	-	
	Heavy-metal (mg/kg)	Pb	0.5	-	1.0	-	-	-
		Methyl-Hg	-	1.0	0.5	-	-	-
		Total-Hg	0.5	-	-	-	-	-
		Inorganic As	-	-	0.5	-	-	-
		Cr	-	-	2.0	-	-	-
	Radio-activity (Bq/kg)	$^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$	370	1,200	800	100	1,000	1,250
		^{131}I	300	170	470	-	100	2,000
		The others	-	2 (^{239}Pu)	-	1 (^{239}Pu)	10 (^{239}Pu)	80 ($^{239}\text{Pu}, ^{241}\text{Am}$)
			-	160 (^{90}Sr)	-	100 (^{235}U)	100 (^{90}Sr)	750 (^{90}Sr)

Source: China National Health and Family Planning Commission (2019), CODEX Alimentarius International Food Standards (2019), European Food Safety Authority (2019), Japan Ministry of Health, Labour and Welfare (2019), MFDS (Ministry of Food and Drug Safety) (2019), U.S. Food Drug Administration (2019), EU (European Food Safety Authority) (2019).

롬, ¹³⁴Cs+¹³⁷Cs, ¹³¹I)만 제시되어 있다. 명란에 대한 중국의 화학적 기준 규격은 중금속의 경우 납이 1.0 mg/kg, 메틸수은이 0.5 mg/kg, 무기비소가 0.5 mg/kg, 크롬이 2.0 mg/kg으로 제시되어 있고, 방사능의 경우 ¹³⁴Cs+¹³⁷Cs이 800 Bq/kg, ¹³¹I가 470 Bq/kg으로 제시되어 있다.

명란에 대한 일본의 기준 규격은 미생물학적 기준이 3건(일반 세균수, 대장균, *V. parahaemolyticus*), 화학적 기준이 4건(아질산이온, ¹³⁴Cs+¹³⁷Cs, ²³⁹Pu, ²³⁵U)이 제시되어 있다. 명란에 대한 일본의 기준 규격 중 미생물학적 기준 규격은 일반세균의 경우 3×10⁶ CFU/g, 대장균의 경우 음성, *V. parahaemolyticus*의 경우 100 MPN/g로 제시되어 있고, 화학적 기준 규격은 아질산이온의 경우 0.005 g/kg, 방사능의 경우 ¹³⁴Cs+¹³⁷Cs이 100 Bq/kg, ²³⁹Pu이 1 Bq/kg, ²³⁵U이 100 Bq/kg으로 제시되어 있다.

명란에 대한 Codex의 기준 규격은 미생물학적 기준이 제시되어 있지 않고, 화학적 기준만 4건(¹³⁴Cs+¹³⁷Cs, ¹³¹I, ²³⁹Pu, ⁹⁰Sr)이 제시되어 있다. 명란에 대한 Codex의 화학적 기준 규격은 ¹³⁴Cs+¹³⁷Cs이 1,000 Bq/kg, ¹³¹I이 100 Bq/kg, ²³⁹Pu이 10 Bq/kg, ⁹⁰Sr이 100 Bq/kg으로 제시되어 있다.

명란에 대한 EU 유럽식품안전위원회의 기준 규격은 미생물학적 기준이 제시되어 있지 않고, 화학적 기준만 5건(¹³⁴Cs+¹³⁷Cs, ¹³¹I, ²³⁹Pu, ²⁴¹Am, ⁹⁰Sr)이 제시되어 있다. 명란에 대한 EU 유럽식품안전위원회의 화학적 기준 규격은 ¹³⁴Cs+¹³⁷Cs이 1,250 Bq/kg, ¹³¹I이 2,000 Bq/kg, ²³⁹Pu이 80 Bq/kg, ²⁴¹Am이 80 Bq/kg, ⁹⁰Sr이 750 Bq/kg으로 제시되어 있다.

이화학적 위생 특성

명란 8종[정상란 4종(L, M, S, 2S), 절단란 3종(KA, KB, KC) 및 미숙란 1종 (G)]의 이화학적 위생 특성은 국내외 기준 규격에 제시되어 있는 항목인 총수은, 메틸수은, 납, 크롬 및 무기비소 등과 같은 중금속 함량, 아질산이온 함량 방사능(¹³⁴Cs+¹³⁷Cs 및 ¹³¹I) 등으로 한정하여 살펴보고, 그 결과는 Table 2와 같다.

명란 8종의 중금속 함량은 총수은의 경우 trace-0.003 mg/kg 범위로 검출되었고, 메틸수은과 무기비소의 경우 모두 불검출되었으며, 납과 크롬의 경우 모두 흔적량(trace)으로 검출되었다. 따라서, 명란 8종의 중금속은 불검출-흔적량 수준이어서 원료 등급에 일정한 경향을 나타내지 않았다. 한편, Lee et al. (2006)은 시판 것갈의 안전성 평가 및 이의 관리 계획을 위한 연구에서 명란것갈의 총수은 함량의 경우 0.41 mg/kg, 납의 경우 불검출, 총비소의 경우 0.35 mg/kg이라고 보고한 바가 있고, Ha and Kim (2005)은 것갈의 안전성 연구 동향에 관한 연구에서 명란것갈의 중금속 함량의 납의 경우 불검출되었다고 보고한 바가 있다.

이와 같은 명란 8종의 중금속 모니터링 결과, 명란에 대한 국내의 중금속 기준 규격 및 명란 것갈의 중금속 함량에 대한 연구 보고(Lee, 2006; Ha and Kim, 2005)로 미루어 보아 현재 국내에 수입되고 있는 명란의 경우 원료 등급에 관계없이 중금속적인 면에서는 안전하다고 판단되었으나, 명란의 가공과정 중 중금속의 오염 요인이 있다고 판단되어 이의 저감화 방안에 대한 고민이 절실히 필요하리라 판단되었다.

명란 8종의 아질산이온 함량은 원료 등급에 관계없이 모든 검체에서 불검출되어 원료 등급에 따른 경향은 없었고, 일본 후생성(Japan Ministry of Health, Labour and Welfare, 2019)의 기준 규격인 0.005 g/kg보다 낮아, 현재 국내에 수입되고 있는 명란은 원료 등급에 관계없이 아질산이온 함량적인 면에서는 안전하다고 판단되었다. 한편, 아질산이온은 근육색소인 myoglobin 및 혈액색소인 hemoglobin과 작용하여 nitromyoglobin과 nitroso-hemoglobin을 생성하고, 육색소를 고정하여 선홍색을 유지하게 하고, 살균력도 가지게 된다고 알려져 있다(Ham et al., 2004).

우리나라 방사능 기준 규격에 제시되어 있는 ¹³⁴Cs+¹³⁷Cs의 방사능 선원은 각각 β선과 γ선이고, 그리고, ¹³¹I는 β선이며, 이들의 반감기는 ¹³⁷Cs의 경우 30년, ¹³⁴Cs의 경우 2년, ¹³¹I의 경우 8일인 것으로 알려져 있다. 이들 원소 중 세슘(Cs)은 나트륨이나 칼륨

Table 2. Heavy metal, nitrite contents and radioactivity of Alaska pollock *Theragra chalcogramma* roe from Russia as affected by raw material grade

Grade	Heavy metal (mg/kg)					Nitrite (g/kg)	Radioactivity (Bq/kg)	
	Hg		Pb	Cr	Inorganic As		¹³⁴ Cs+ ¹³⁷ Cs	¹³¹ I
	Total	Methyl						
L ¹	0.003±0.001	ND ⁹	Trace	Trace	ND	ND	ND	ND
M ²	0.002±0.001	ND	Trace	Trace	ND	ND	ND	ND
S ³	0.000±0.001	ND	Trace	Trace	ND	ND	ND	ND
2S ⁴	Trace	ND	Trace	Trace	ND	ND	ND	ND
KA ⁵	0.002±0.000	ND	Trace	Trace	ND	ND	ND	ND
KB ⁶	0.001±0.000	ND	Trace	Trace	ND	ND	ND	ND
KC ⁷	0.002±0.001	ND	Trace	Trace	ND	ND	ND	ND
G ⁸	0.002±0.001	ND	Trace	Trace	ND	ND	ND	ND

¹L, large. ²M, medium. ³S, small. ⁴2S, smallsmall. ⁵KA, kireko A. ⁶KB, kireko B. ⁷KC, kireko C. ⁸G, gamuko. ⁹ND, Not detected.

과 유사한 성질을 가지고 있어서 근육에, 요오드(I)는 갑상선에 각각 침착되거나 축적되기 쉽다(Kang et al., 2017). 명란 8종의 방사능 농도는 선원($^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ 및 ^{131}I)의 종류 및 명란의 등급에 관계없이 모든 검체에서 불검출되어 등급에 따른 경향은 없었다. 이와 같은 명란 8종의 방사능($^{134}\text{Cs}+^{137}\text{Cs}$ 및 ^{131}I) 농도에 대한 모니터링 결과와 명란의 방사능 농도에 대한 국내외 기준 규격으로 미루어 보아 현재 국내에 수입되고 있는 명란은 원료 등급에 관계없이 방사능 농도 면에서는 안전한 것으로 분류되었다.

미생물학적 위생 특성

명란 8종[정상란 4종(L, M, S, 2S), 절단란 3종(KA, KB, KC) 미숙란 1종(G)]의 생물학적 위생 특성은 일반세균수, 대장균군 및 대장균과 식중독 세균 5종(*Salmonella* spp., *S. aureus*, *V. parahaemolyticus*, *L. monocytogenes*, Enterohemorrhagic *E. coli*)에 대하여 살펴보고, 그 결과는 Table 3과 같다. 명란 8종의 생물학적 위생 특성 중 일반세균수는 정상란 4종의 경우 L 등급이 9.3×10^2 CFU/g (8.1×10^2 - 1.1×10^3 CFU/g), M 등급이 1.9×10^3 CFU/g (9.3×10^2 - 5.4×10^3 CFU/g), S 등급이 2.0×10^3 CFU/g (1.2×10^3 - 5.1×10^3 CFU/g), 2S 등급이 2.8×10^3 CFU/g (5.1×10^2 - 4.2×10^3 CFU/g)이었고, 절단란 3종의 경우 KA 등급이 3.7×10^3 CFU/g (9.9×10^2 - 7.1×10^3 CFU/g), KB 등급이 4.5×10^3 CFU/g (2.3×10^3 - 1.1×10^4 CFU/g), KC 등급이 3.7×10^3 CFU/g (7.7×10^2 - 8.1×10^3 CFU/g)이었으며, 미숙란인 G 등급의 경우 5.0×10^4 CFU/g (4.8×10^4 - 8.7×10^4 CFU/g)이었다. 따라서, 명란의 일반세균

수는 KC 등급을 제외한다면 원료 등급이 낮아질수록 증가하는 경향을 나타내었다. 한편, 명란의 일반세균수에 대한 국내외 기준 규격은 우리나라의 식품공전(MFDS, 2018)과 일본 후생성(Japan Ministry of Health, Labour and Welfare, 2019)에 각각 $n=5$, $c=2$, $m=10^6$, $M=5 \times 10^6$ CFU/g 및 3×10^6 CFU/g으로 제시되어 있다. 이와 같은 명란 8종의 일반세균수 농도에 대한 모니터링 결과와 명란의 일반세균수 농도에 대한 국내외 기준 규격으로 미루어 보아 현재 국내에 수입되고 있는 명란은 원료 등급에 관계없이 일반세균수 농도적인 면에서 안전한 것으로 분류되었다.

식품에서 대장균군이 검출되었다는 것은 직접 또는 간접적으로 인축의 분변에 오염된 것으로 볼 수 있으므로 식품위생상 그 의미가 크다. 이러한 일면에서 살펴본 명란 8종의 대장균군은 S등급과 KB 등급이 각각 5.0×10 CFU/g (3.0×10 - 7.0×10 CFU/g) 및 6.0×10 CFU/g (2.0×10 - 9.0×10 CFU/g)으로 검출되었고, 나머지 6종 명란의 경우 불검출되었다. 그러나, 명란의 대장균군에 대한 국내외 기준 규격을 제시한 기관은 없다.

명란 8종의 대장균 농도는 명란의 원료 등급에 관계없이 모두 불검출이었다. 한편 명란의 대장균을 국내외 기준 규격으로 제시하고 있는 기관과 기준 규격은 우리나라의 식품공전(MFDS, 2018)에서 $n=5$, $c=2$, $m=0$, $M=10$ 으로, 일본 후생성(Japan Ministry of Health, Labour and Welfare, 2019)에서 음성이었다. 이와 같은 명란 8종의 대장균 농도에 대한 모니터링 결과와 국내외 기준 규격으로 미루어 보아 현재 국내에 수입되고 있는 명란은 원료 등급에 관계없이 대장균 농도적인 면에서

Table 3. Viable cells, coliform bacteria, *Escherichia coli*, foodborne bacteria (*Salmonella* spp., *Staphylococcus aureus*, *Vibrio parahaemolyticus*, *Listeria monocytogenes*) of Alaska pollock *Theragra chalcogramma* roe from Russia as affected by grade

(CFU/g)

Grade	Viable cells	Coliform bacteria	<i>E. coli</i>	Foodborne bacteria			
				<i>Salmonella</i> spp.	<i>S. aureus</i>	<i>V. parahae molyticus</i>	<i>L. monocy togenes</i>
L ¹	9.3×10^2 (8.1×10^2 - 1.1×10^3)	<15	<15	Negative	<15	Negative	Negative
M ²	1.9×10^3 (9.3×10^2 - 5.4×10^3)	<15	<15	Negative	<15	Negative	Negative
S ³	2.0×10^3 (1.2×10^3 - 5.1×10^3)	5.0×10^1 (3.0×10^1 - 7.0×10^1)	<15	Negative	<15	Negative	Negative
2S ⁴	2.8×10^3 (5.1×10^2 - 4.2×10^3)	<15	<15	Negative	<15	Negative	Negative
KA ⁵	3.7×10^3 (9.9×10^2 - 7.1×10^3)	<15	<15	Negative	<15	Negative	Negative
KB ⁶	4.5×10^3 (2.3×10^3 - 1.1×10^4)	6.0×10^1 (2.0×10^1 - 9.0×10^1)	<15	Negative	<15	Negative	Negative
KC ⁷	3.7×10^3 (7.7×10^2 - 8.1×10^3)	<15	<15	Negative	<15	Negative	Negative
G ⁸	5.0×10^4 (4.8×10^4 - 8.7×10^4)	<15	<15	Negative	<15	Negative	Negative

¹L, Large. ²M, Medium. ³S, Small. ⁴2S, Smallsmall. ⁵KA, Kireko A. ⁶KB, Kireko B. ⁷KC, Kireko C. ⁸G, Gamuko.

togenes, Enterohemorrhagic *E. coli*)은 원료부터 최종 제품까지 전 공정에서 불검출되었다. 따라서, 미국 FDA (U.S. Food Drug Administration, 2019) 기준 규격에 제시되어 있는 *Cl. botulinum*을 제외한다면 위생적인 명란 젓갈의 가공을 위한 원료 명란의 식중독 세균에 대한 오염에 대한 우려는 없었다.

한편, Lee et al. (2008)은 젓갈류에서의 위생지표 미생물 및 식중독균 모니터링을 통한 미생물학적 연구에서 시료로 명란젓갈 50건을 채취하여 미생물학적 특성을 검토한 결과 일반세균수의 검출 빈도 및 평균농도는 각각 10건(20%) 및 2.1 log(CFU/g), 대장균군의 빈도 및 평균농도는 각각 1건(2%) 및 흔적량, 일반세균수의 평균농도는 5.2 log (CFU/g)으로 검출되었다고 보고한 바가 있다.

원료 등급에 따른 명란의 화학적 특성과 위생학적 특성은 일정한 경향을 나타내지 않았으나, 모두 안전하다고 판단되었다. 하지만, 명란의 일반세균수는 KC 등급을 제외한다면 원료 등급이 낮아질수록 증가하는 경향을 나타내었다.

사 사

이 논문은 2018년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(해역별 특성을 고려한 전통 수산가공식품 개발 및 상품화).

References

- McDowell Group. 2017. Analyses of specialty Alaska seafood products. Seafood and Fisheries Publications, Alaska, U.S.A., 34-66.
- Balaban MO, Chombeau M, Güümüüş B and Cirban DS. 2012a. Quality evaluation of Alaska pollock (*Theragra chalcogramma*) roe by image analysis. Part I: weight prediction. J Aqua Food Prod Technol 21, 59-71. <https://doi.org/10.1080/10498850.2011.583377>.
- Balaban MO, Chombeau M, Güümüüş B and Cirban DS. 2012b. Quality evaluation of Alaska pollock (*Theragra chalcogramma*) roe by image analysis. Part II: Color defects and length evaluation. J Aqua Food Prod Technol 21, 72-85. <https://doi.org/10.1080/10498850.2011.583378>.
- Balaswamy K, Prabhakara Rao PG, Rao DG and Jyothirmayi T. 2010. Effects of pretreatments and salt concentration on rohu (*Labeo rohita*) roes for preparation of roe pickle. J Food Sci Technol 47, 219-223. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0035-z>.
- Bechtel PJ, Chantarachoti J, Oliveira ACM and Sathivel S. 2007. Characterization of protein fractions from immature Alaska walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) roe. J Food Sci 72, 338-343. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00396.x>.
- Chen C, LU B, Okazaki E and Osako K. 2015. Quality assessment of commercial roe products from Alaska pollock roe. KnE Life Sci 1, 175-177. <http://dx.doi.org/10.18502/klsv1i0.102>.
- Chen C, Okazaki E, Suzuki T, Nguyen HTN and Osako K. 2016. Objective quality evaluation of commercial spicy pollock roe products in terms of mechanical and biochemical properties. Food Sci Technol Res 22, 337-347. <https://doi.org/10.3136/fstr.22.337>.
- China National Health and Family Planning Commission. 2019. GB (Guobiao) standards search. Retrieved from http://www.gbstandards.org/index/GB_Search.asp?word=GB on Jan 7, 2019.
- Chiou TK, Matsui T and Konosu S. 1989. Comparison of extractive between raw and salted Alaska pollack roe. Nippon Suisan Gakkaishi 55, 515-519. <https://doi.org/10.2331/suisan.55.515>.
- CODEX Alimentarius International Food Standards. 2019. Codex text (standards). Retrieved from <http://www.microsofttranslator.com/BV.aspx?ref=IE8Activity&a=http%3A%2F%2Fwww.fao.org%2Ffao-who-codexalimentarius%2Fen%2F/> on Jan 7, 2019.
- European Food Safety Authority. 2019. EU law. Retrieved from <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02005R2073-20180101> on Jan 7, 2019.
- Fujioka R, Ohmachi N, Hayabuchi H and Manabe SI. 1999. Permeation properties of composite membrane composed of alginic acid and Alaska pollack roe membrane. Membrane 24, 132-138. <https://doi.org/10.5360/membrane.24.132>.
- Ham HJ, Hong IS, Lim HK, Yang YM, Choi YH, Kim CG, Kweon TB and Lee JH. 2004. Nitrites contents on processed meat products (ham, sausage etc) in market during 2000-2003. Korean J Vet Serv 27, 115-120.
- Ha SD and Kim AJ. 2005. Technological trends in safety of jeotgal. Food Sci and Indus 38, 46-64.
- Hazime IN and Mizuo NT. 2008. History for development of Alaska pollock roe. Seizando Co., Tokyo, Japan, 41-100.
- Hintermeister C, Mirelesdewitt C and Fong Q. 2017. Nutritional composition changes in Alaska pollock (*Gadus chalcogrammus*) during and between Bering sea A and B seasons. MS thesis, Oregon State University, Oregon, U.S.A.
- Japan Ministry of Health, Labour and Welfare. 2019. Food safety information. Retrieved from <https://www.mhlw.go.jp/english/topics/foodsafety/> on Jan 7, 2019.
- Kang YM, Park SY, Lee KD, Shon JH, Choi JS, Lee JS, Heu MS and Kim JS. 2017. Chemical and microbiological properties on sanitary of swimming crab *Portunus trituberculatus* as sources for seafood products. Korean J Fish Aquat Sci 50, 243-249. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2017.0243>.
- Kim KH. 2014. Concentration and risk assessment of heavy metal in mainly consumed fishes. MS thesis, Gyeongsang National University, Tongyeong, Korea, 23-58.
- Kim YM and Kim DS. 1990. Salt-fermented fish in Korea. Raw material and its products. Korea Food Research Institute,

- Suwon, Korea, 127-140.
- Lee JH. 2006. Safety assessment and management plan for commercial plan for jetgal (salted and fermented seafood). MS thesis, Chung-Ang University, Seoul, Korea.
- Lee SM, Lim JM, Kim KH, Cho SY, Park KS, Sin YM, Cheung CY, Cho JY, You HJ, Kim KH, Cho DH, Lim CJ and Kim OH. 2008. Microbiological study using monitoring of microorganism in salt-fermented fishery products. *J Fd Hyg Safety* 23, 198-205.
- Manabe SI, Hayabuchi H, Yamura Y, Fujioka R and Ohmachi N. 1998. Composite membrane composed of Alaska pollack roe membrane. *Membrane* 23, 31-37. <https://doi.org/10.5360/membrane.23.31>.
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safety). 2018. Food code. Retrieved from https://www.foodsafetykorea.go.kr/portal/safefoodlife/food/foodRvlv/foodRvlv.do?menu_no=980&menu_grp=MENU_GRP01/ on Jan 7, 2019.
- Park YJ, Jeong HP and Kim JS. 2019. Nutritional component of Alaska pollock *Theragra chalcogramma* roe as affected by grade. *Korean J Fish Aquat Sci* 52, 105-113. <https://doi.org/10.5657/KFAS.2019.0105>.
- Rao GN. 2014. Physico-chemical, functional and antioxidant properties of roe protein concentrates from *Cyprinus carpio* and *Epinephelus tauvina*. *J Food Pharm Sci* 2, 15-22. <https://doi.org/10.14499/jfps>.
- Tsuyuki H and Fuke S. 1978. Alaskan pollock roe processing-A description of current Japanese industrial methods and their adaption to the fishery in British Columbia. Fisheries and Marine Service Technical Reports, Fisheries and Environment Canada, Vancouver, Canada, 1-28.
- Ueda R, Okamoto N, Araki T, Shibata M, Sagara Y, Sugiyama K and Chiba S. 2009. Consumer preference and optical and sensory properties of fresh cod roe. *Food Sci Technol Res* 15, 469-478. <https://doi.org/10.3136/fstr.15.469>.
- U.S. Food Drug Administration. 2019. Fish and fishery products hazards and controls guidance-Fourth Edition. Retrieved from <https://www.fda.gov/food/guidanceregulation/ucm2018426.htm/> on Jan 7, 2019.